ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЛАНОВЫЙ КОМИТЕТ
СОВЕТА МИНИСТРОВ УКРАИНСКОЙ ССР
УКРАИНСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

КИЕВ—1968

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЛАНОВЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ
УКРАИНСКОЙ ССР

УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УКРАИНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОНСТРУКТОРСКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИНТЕТИЧЕСКИХ
СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИНСТРУМЕНТА

А. М. РОЗЕНБЕРГ, докт. техн. наук,
О. А. РОЗЕНБЕРГ, канд. техн. наук,
Д. А. СИРОТА

ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

(Опыт внедрения и эксплуатации)

Киев — 1968

УДК 621.919

Твердосплавные протяжки для обработки отверстий методом пластического деформирования, *Розенберг А. М., Розенберг О. А., Сирота Д. А.,* УкрНИИНТИ, К., 1968.

В информации изложен опыт внедрения и эксплуатации твердосплавных деформирующих протяжек, разработанных Институтом сверхтвердых материалов, для обработки внутренних отверстий деталей типа втулок и труб.

Описывается конструкция твердосплавных деформирующих протяжек, технологические процессы обработки отверстий различных деталей, зависимость качества обработанных отверстий от условий протягивания, рассматриваются вопросы экономической эффективности применения твердосплавных деформирующих протяжек. Приводится технология алмазной обработки твердосплавных деформирующих колец протяжек.

Информация предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий и научно-исследовательских учреждений.

ВВЕДЕНИЕ

В современной технике все более широкое распространение находят методы обработки внутренних и наружных поверхностей деталей поверхностным пластическим деформированием. При такой обработке внутренних поверхностей не только снижается себестоимость и повышаются эксплуатационные свойства деталей, но в ряде случаев этот способ обработки является единственным экономичным методом, позволяющим получать высокую чистоту и точность обработанной поверхности.

Основные методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей поверхностным пластическим деформированием можно разделить на три группы [1—6].

К первой группе относятся методы пластического деформирования внутренних цилиндрических поверхностей, осуществляемые в условиях трения качения рабочих элементов. В качестве инструмента применяются жесткие нерегулируемые раскатники с коническими и цилиндрическими роликами; раскатники упругого действия одношариковые, многошариковые и роликовые; вибрирующие шариковые раскатники упругого действия; ротационные дорны (шариковые и роликовые).

Ко второй группе относятся методы обработки с помощью инструментов, осуществляющих деформирование поверхности в условиях трения скольжения рабочих элементов инструмента. Рабочими инструментами являются однозубые и многозубые выглаживающие протяжки или прошивки и алмазные гладилки.

К третьей группе относятся методы динамического наклепа обрабатываемой поверхности, осуществляемые с помощью ротационных упрочнителей, дробеметных устройств, шарикового наклепа и чеканки.

Используя вышеуказанные методы обработки внутренних цилиндрических поверхностей, осуществляют калибрование отверстия (повышение геометрической точности), отделку отверстия (уменьшение шероховатости), упрочнение поверхностного слоя (создание наклепа и сжимающих напряжений). Из таблицы основ-

ных показателей обработки отверстий этими методами видно, что они применяются только для поверхностного пластического деформирования, так как при этом размеры обрабатываемого отверстия изменяются незначительно (не больше нескольких десятых миллиметра).

Основные показатели обработки отверстий различными методами поверхностного пластического деформирования

Характеристика процесса	Применяемые методы (инструменты)	Припуск на обработку, *мм*	Достигаемое качество обработки	
			Класс точности	Класс чистоты
Деформирование поверхности в условиях трения качения	Жесткие нерегулируемые раскатники	0,001—0,014	3—1	9—11
	Раскатники упругого действия	0,01 —0,20	—	9—11
	Вибрирующие раскатники упругого действия	0,01 —0,02	—	9—11
	Ротационные дорны	0,10 —0,15	2	9—10
Деформирование поверхности в условиях трения скольжения	Выглаживающее протягивание	0,02 —0,20	2—1	9—11
	Алмазное выглаживание	0,010—0,015	2—1	9—10
Динамический наклеп поверхности	Ротационные упрочнители	0,01 —0,05	2—3	8—10
	Поверхностная чеканка	0,02 —0,05	2—3	8—10
	Наклеп шариками	0,02 —0,05	2—3	8—10
	Дробеструйный наклеп	—	3—5	3—6

В последние годы в ряде организаций были предприняты попытки осуществить обработку внутренних цилиндрических поверхностей в деталях типа втулок и труб методами больших пластических деформаций. Для такого процесса пригоден только очень жесткий инструмент, который при высоких контактных давлениях и очень больших силовых нагрузках может сохранять точные размеры и передавать их обрабатываемому изделию. Таким инструментом является деформирующая многозубая (многокольцевая) протяжка или прошивка*. В 1959 г. М. С. Берлинером [7] было предложено производить обработку внутреннего цилиндра плунжера домкрата из трубной заготовки по черной необработан-

* Так как этим инструментом можно осуществлять пластические деформации, доходящие до 15—20% диаметра отверстия, то в дальнейшем будем называть его деформирующей протяжкой (прошивкой).

ной поверхности протяжкой с тремя деформирующими зубьями-кольцами. Диаметр отверстия заготовки увеличивался на 1,5—2,5 *мм*. Деформирующие кольца протяжки были изготовлены из стали У10 с закалкой и последующим хромированием, а также из стали ЭИ366 без хромирования.

Предложенный М. С. Берлинером технологический процесс обработки позволяет исключить операции растачивания и хонингова-

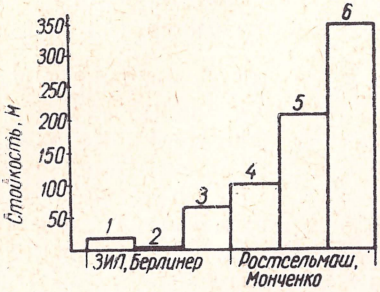


Рис. 1. Диаграмма размерной стойкости колец, изготовленных из различных марок сталей, при обработке отверстий деформирующей протяжкой:

1—хромированные кольца из стали У10. Детали перед протягиванием отжигались; *2*—хромированные кольца из стали У10. Детали перед протягиванием не отжигались; *3*—кольца из стали ЭИ366: *4*—кольца из стали Р18. Обработка плохо подготовленных отверстий A_3; *5*—кольца из стали Р18. Обработка хорошо подготовленных отверстий A_3; *6*—кольца из стали Р18. Обработка хорошо подготовленных отверстий A_4.

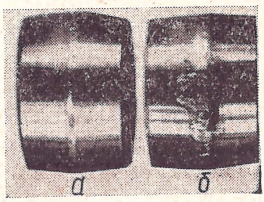


Рис. 2. Стальные кольца протяжки:

а—новое кольцо; *б*—кольцо с наростом.

ния отверстий. Несмотря на высокую производительность обработки, значительное уменьшение трудоемкости и себестоимости обработки, этот метод имел существенные недостатки. Во-первых, низкую стойкость колец. Так, кольца, изготовленные из стали У10 с последующим хромированием (слой хрома 0,005—0,008 *мм*), обрабатывали 16 *м* длины протянутых деталей, из стали ЭИ366 без хромирования — 65 *м*. Если трубчатые заготовки перед протягиванием не подвергались отжигу, стойкость хромированных колец из стали У10 снижалась с 16 до 0,4 *м* длины протянутых заготовок. Во-вторых, в процессе протягивания на рабочей поверхности кольца часто образовывался нарост, оставляющий на обработанной поверхности цилиндра глубокие продольные царапины и риски.

В 1965 г. В. П. Монченко и другие опубликовали ряд материалов [8—11] по обработке деталей класса втулок, изготавливаемых из пустотелых заготовок способом дорнования. Этот способ заключается в «протягивании сборной деформирующей протяжки через отверстие с натягами на каждом переходе, обеспечивающими пластическую деформацию по сечению и полное деформирование отверстия заготовки по движущемуся дорну» [8]. Для больших деформаций отверстия в пределах 5—20% (черновые операции) ав-

тор рекомендует изготовлять кольца из быстрорежущей стали с закалкой до HRC63—65, а для малых деформаций отверстия в пределах 0,5—1,5% — из твердого сплава ВК15 или ВК8. В зависимости от технических требований к детали и качества очистки поверхности перед дорнованием стойкость кольца соответствует 200—500 *м* длины обработанной поверхности. На рис. 1 приведена диаграмма размерной стойкости колец, изготовленных из различных марок сталей, при обработке отверстий деформирующими протяжками на заводах им. Лихачева и «Ростсельмаш» (по данным М. С. Берлинера и В. П. Монченко).

На Киевском мотоциклетном заводе авторами настоящей брошюры проводились наблюдения за износом стальных колец при обработке отверстий в трубе наконечника пера вилки мотоцикла К-750 деформирующими протяжками с кольцами, изготовленными из сталей Р18, ХВГ и Х12М. Интенсивный износ колец характеризуется увеличением ширины цилиндрической ленточки, которая первоначально у нового кольца равна 1 *мм*. По мере износа ширина ленточки возрастает (увеличение ширины ленточки на 1 *мм* соответствует уменьшению диаметра кольца на 0,087 *мм*). После обработки 140—340 отверстий диаметр колец уменьшался настолько, что кольца становились непригодными к дальнейшей работе. Кроме того, на поверхности колец часто наблюдалось наростообразование, приводившее к глубоким задирам обработанной поверхности. На рис. 2 изображены стальные кольца протяжки — новое и с наростом.

Если при малой размерной стойкости колец можно производить сравнительно частую их замену, то наростообразование или становится в большинстве случаев препятствием к внедрению прогрессивного способа обработки отверстий методом больших пластических деформаций, или требует очень сложной и дорогостоящей подготовки поверхности протягиваемых деталей для борьбы с образованием наростов на рабочей поверхности кольца. Так, на заводе «Ростсельмаш» с этой целью поверхности под протягивание обрабатывают путем химического травления, холодного фосфатирования и омыления деталей. Одновременно производят цианирование колец протяжки. Все эти способы несколько уменьшают наростообразование, но полностью его не исключают.

Значительно повысить стойкость деформирующих протяжек и исключить наростообразование можно, если все кольца протяжек изготовлять из современных металлокерамических твердых сплавов.

Наличие разнообразного абразивного инструмента из синтетических алмазов позволяет быстро и качественно обрабатывать любые твердые материалы, что значительно расширяет область применения износостойких твердых сплавов для создания новых видов высокопроизводительного инструмента. Исследования, проведенные в Институте сверхтвердых материалов Госплана УССР, позволили разработать конструкцию нового высокопроизводитель-

ного металлообрабатывающего инструмента — твердосплавных деформирующих протяжек для обработки цилиндрических отверстий методом больших пластических деформаций [12—13].

В настоящее время твердосплавные деформирующие протяжки внедрены на киевских заводах им. Лепсе и мотоциклетном, в Минске на автомобильном и мотоциклетном заводах, на Барановичском заводе автомобильных агрегатов, на Ижевском машиностроительном заводе, на хмельницком заводе «Трактородеталь» и на ряде других предприятий страны. К концу 1967 г. новым инструментом на указанных предприятиях обработано около 6 млн. деталей. Ряд организаций и предприятий, используя разработанную в Институте сверхтвердых материалов методику расчета и проектирования твердосплавных деформирующих протяжек [13], самостоятельно занимается изготовлением и внедрением этого инструмента. Ижевский НИТИ на основании исследований, проведенных в Институте сверхтвердых материалов, внедрил во втором полугодии 1967 г. твердосплавные деформирующие протяжки для обработки некоторых деталей мотороллера «Вятка-В160М».

В выполнении исследований и внедрении нового инструмента в производство принимали участие, кроме авторов брошюры, сотрудники института: инженеры Э. И. Гриценко, Е. Л. Завгородний, А. Д. Крицкий, Р. А. Маслов и В. С. Шемчук.

ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ДЕФОРМИРУЮЩИМИ ПРОТЯЖКАМИ

В 1964—1967 гг. Институт сверхтвердых материалов разработал, изготовил и внедрил около 20 типоразмеров твердосплавных деформирующих протяжек для обработки цилиндрических отверстий в различных деталях из углеродистых и малолегированных сталей и цветных металлов. Все эти детали имеют широкий диапазон диаметров отверстий (16—72 *мм*), толщин стенок (1,5—8,0 *мм*), длин протягивания (28—530 *мм*). В зависимости от принятого технологического процесса обработки деталей и требований, предъявляемых к обработанному отверстию, величина пластического деформирования составляет от нескольких десятых процента до 11—12% диаметра отверстия.

Твердосплавные деформирующие протяжки и прошивки состоят (рис. 3) из стального закаленного стержня *1*, на котором помещены твердосплавные деформирующие элементы (кольца) *2* и стальные закаленные дистанционные втулки *3*, стянутые гайкой и контргайкой *4*.

Если по условиям работы необходимо пользоваться подвижной кареткой протяжного станка, протяжка изготовляется с задним хвостовиком, как показано на рис. 4. Она состоит из переднего хвостовика *1*, оправки *5*, твердосплавных колец *3*, промежуточных

(дистанционных) втулок *4* и фиксирующего штифта *2*. Оправка *5*, являющаяся стержнем, на который надеваются твердосплавные кольца и дистанционные втулки, заканчивается задним хвостовиком, который при работе инструмента крепится в каретке станка. Резьбовой частью оправка соединяется с передним хвостовиком

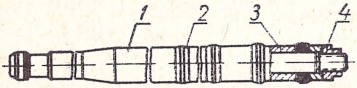


Рис. 3. Твердосплавная деформирующая протяжка без заднего хвостовика.

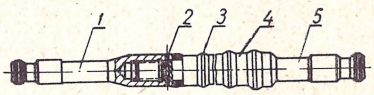


Рис. 4. Твердосплавная деформирующая протяжка с задним хвостовиком.

и центрируется цилиндрической шейкой. Резьбовое соединение после плотной затяжки фиксируется с помощью штифта.

Твердосплавные деформирующие протяжки успешно применяются при обработке деталей, изготовленных из холоднотянутых, а также из горячекатаных труб. Они могут работать не только по предварительно обработанной каким-либо режущим инструментом поверхности, но в отдельных случаях и непосредственно по черной необработанной поверхности.

Обработку отверстий с помощью твердосплавных деформирующих протяжек в зависимости от требований, предъявляемых к ним по чистоте и точности, а также в зависимости от величины пластической деформации можно разделить на 4 следующие группы:

1. Шероховатость обработанной поверхности соответствует $\nabla 4$—$\nabla 7$, точность 4—5-му классу. Суммарная величина пластической деформации не превышает 2,0%.

2. Шероховатость обработанной поверхности соответствует $\Delta 4$—$\nabla 7$, точность 3—5-му классу. Суммарная величина пластической деформации составляет 2—12%.

3. К обработанному отверстию предъявляются повышенные требования по чистоте и точности. Шероховатость обработанной поверхности соответствует $\nabla 8$—$\nabla 9$ и точность 3-му классу при величине пластической деформации 6—8%.

4. К обработанному отверстию предъявляются высокие требования по чистоте и точности. Шероховатость обработанной поверхности соответствует $\nabla 8$—$\nabla 11$ и точность 1—3-му классу при величине пластической деформации до 2%.

Это деление во многом является условным, так как в практике могут встретиться самые разнообразные случаи, однако любой из них в какой-то мере может быть отнесен к одной из групп этой классификации.

Первая группа. Детали, изготовляемые из холоднотянутых труб по ГОСТ 8734—58, можно обрабатывать непосредственно по черной поверхности. На Киевском мотозаводе труба рукоятки мотоцикла К-750 с диаметром отверстия $24^{+0,28}$ *мм* и шероховатостью

обработанной поверхности ∇4 обрабатывается непосредственно по черной поверхности деформирующей протяжкой, состоящей из двух твердосплавных колец с натягами по 0,2 *мм* на каждое кольцо. Протяжка успешно работает на заводе свыше трех лет и обработала за это время около 120 тыс. деталей.

Детали, изготавливаемые из горячекатанных труб по ГОСТ 8732—58, необходимо предварительно обрабатывать зенкерованием, растачиванием или режущим протягиванием. Это объясняется тем, что толщины стенок, размеры и форма отверстий горячекатаных труб имеют значительное отклонение от номинальных. Поэтому небольшая деформация оказывается недостаточной для получения необходимой точности и чистоты отверстия, и его предварительно приходится обрабатывать каким-либо режущим инструментом. Такая работа была проведена на Киевском заводе им. Лепсе, где ежегодно изготовляется более 1,8 млн. втулок балансира трактора ДТ-54 (рис. 5). Эти втулки изготавливались из горячекатаной трубы (ГОСТ 8732—58) размером 89×11 *мм*. Материалы трубы — сталь 20, НВ163.

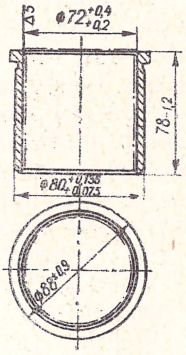


Рис. 5. Втулка балансира трактора ДТ-54.

При обработке отверстия применялись следующие варианты технологического процесса:

1) расточка, черновое и чистовое режущее протягивание;

2) расточка и режущее протягивание прогрессивной протяжкой;

3) зенкерование и чистовое режущее протягивание.

После обработки отверстия втулки цементировались, затем производилась токарная обработка наружной поверхности и закалка.

Протягивание отверстия диаметром $72^{+0,4}_{+0,2}$ *мм* осуществлялось протяжками из быстрорежущей стали Р18. Стойкость таких протяжек между переточками составляла 1000—1500 деталей. При производственной программе 1,8 млн. втулок в год для обработки их требовалось большое количество протяжек.

В результате экспериментальной работы Институтом сверхтвердых материалов была разработана и изготовлена сборная деформирующая протяжка с деформирующими элементами-кольцами, изготовленными из твердого сплава ВК15М. Эта протяжка внедрена на заводе в 1965 г. для чистовой обработки втулки балансира после черновой обработки режущей протяжкой по 1-му варианту технологического процесса, по которому обрабатывалось 70% всех деталей. Протяжка состоит из 12 деформирующих колец с натягами по 0,1 *мм* на каждое кольцо. Общая величина пластической деформации составляет 1 *мм* или 1,41% от диаметра отверстия.

Внедрение твердосплавной деформирующей протяжки позволило заводу им. Лепсе резко сократить расход режущих протяжек

и обеспечить стабильное получение отверстий необходимой точности и чистоты. Протяжка обработала свыше 1,8 млн. деталей. За это время на ней было заменено 6 колец, вышедших из строя в результате естественного износа и поломок.

Вторая группа. Для всех деталей второй группы характерными признаками являются сравнительно невысокие требования к обработанному отверстию как по точности (A^{3a}—A_5), так и по чистоте ($\nabla 4$—$\nabla 7$). Отверстия у них, как правило, обрабатываются по черной поверхности и после протягивания имеют точность и чистоту на 1—2 класса выше, чем требуется по чертежу. Для этих деталей метод больших пластических деформаций позволяет резко увеличить коэффициент использования металла и достигнуть значительной его экономии, так как можно выбрать по ГОСТу такой размер заготовки детали, когда наиболее полно используется изменение ее диаметров без превращения металла в стружку. На заводе им. Лепсе при внедрении чистовой твердосплавной деформирующей протяжки была проведена работа по изысканию возможности протягивания отверстия во втулке балансира трактора ДТ-54 непосредственно из черной трубной заготовки без предварительной механической обработки. При этом предусматривалось изготовлять втулки балансира из трубы такого размера, который позволил бы за счет осуществления больших пластических деформаций получать сразу отверстие диаметром $72^{+0,4}_{+0,2}$ *мм* и увеличивать при этом наружный диаметр до требуемой величины — 88±0,9 *мм*. Проведенные исследования выявили возможность использовать для изготовления втулки балансира трубу размером 83×8 *мм* (ГОСТ 8732—58) вместо применявшейся ранее трубы размером 89×11 *мм*.

Отверстие диаметром $72^{+0,4}_{+0,2}$ *мм* обрабатывается деформирующей протяжкой, имеющей 24 твердосплавных кольца с натягом по 0,3 *мм* на каждое. Суммарная величина пластической деформации отверстия доходит до 11—12%. Перед протягиванием втулки очищают от грязи, ржавчины и окалины на дробеструйных установках. Протягивание осуществляется на станках модели 7540, в качестве смазки применяется сульфофрезол.

Такой способ изготовления втулок балансира позволяет ликвидировать операции расточки, зенкерования и режущего протягивания. Остается только операция деформирующего протягивания. Благодаря этому завод им. Лепсе экономит в год 1057 *т* трубных заготовок, на 80% сокращаются расходы на инструмент, на 58% уменьшается количество рабочих, освобождается 9 единиц станочного оборудования. Годовой экономический эффект составляет 225 тыс. рублей. Эти протяжки работают на заводе уже более двух лет, обеспечивая стабильное получение требуемой точности и чистоты обрабатываемых отверстий.

Со второго квартала 1967 г. завод полностью перешел на изготовление втулок балансира из трубы 83×8 *мм*. К концу 1967 г.

свыше 1,6 млн. втулок было изготовлено методом больших пластических деформаций.

Третья группа. Отверстия деталей этой группы в основном обрабатываются по черной поверхности без предварительной обработки. Сюда можно отнести некоторые детали мотоциклов К-750 и М-104, которые изготовляются из тонкостенных холоднотянутых труб.

На Киевском мотозаводе рабочий цилиндр амортизатора мотоцикла К-750 изготовляется из трубы 25×2,8 *мм*, ГОСТ 8734—58 (материал — сталь 35, НВ180). По существовавшему ранее на заводе технологическому процессу отверстие диаметром $20^{+0,045}$ *мм* протягивалось последовательно четырьмя цельными выглаживающими протяжками из стали Р18. Требуемая шероховатость обработанной поверхности не ниже ∇ 8. Обладая низкой стойкостью (500—600 деталей) и склонностью к наростообразованию, эти протяжки не могли стабильно обеспечивать необходимую точность и чистоту обработанных отверстий. Кроме того, расход этих протяжек был очень велик.

Взамен комплекта стальных протяжек Институтом внедрена одна сборная деформирующая протяжка с кольцами, изготовленными из твердого сплава ВК15М. Протяжка работает по черной необработанной поверхности. Она применяется на заводе с августа 1964 г. Этой протяжкой обработают до 1 января 1968 г. 340 тыс. деталей. За этот период в результате износа на протяжке было заменено всего 3 кольца, что свидетельствует о высокой их стойкости. Кроме того, внедрение твердосплавной деформирующей протяжки обеспечивает стабильное получение отверстий по третьему классу точности и повышает чистоту обработанной поверхности на один класс (∇9 вместо ∇8).

На Минском мотовелозаводе цилиндр амортизатора мотоцикла М-104 изготавливается из трубы 23×1,5 *мм*, ГОСТ 8734—58 (материал — сталь 45). Отверстие диаметром $20,6^{+0,045}$ *мм* с чистотой обработки ∧ 8 обрабатывалось скоростным развертыванием до диаметра $20,5^{+0,05}$ *мм*, а затем протягивалось цельной выглаживающей протяжкой, изготовленной из стали Р18. Такой протяжкой можно было обработать 2000—2500 отверстий, после чего она приходила в негодность, так как не обеспечивала получения необходимой точности и чистоты обработки.

Институтом сверхтвердых материалов для обработки отверстия в цилиндре амортизатора непосредственно с черной поверхности внедрена деформирующая протяжка, имеющая 8 твердосплавных колец с натягами по 0,1 *мм* на каждое кольцо. На заводе этой протяжкой обработано к 1 января 1968 г. около 200 тыс. деталей при стабильном получении необходимой точности и чистоты отверстия.

На Минском мотовелозаводе труба скользящая мотоцикла М-104 изготавливается из трубы 42×3 *мм*, ГОСТ 9567—60 (материал — сталь 35). Отверстие диаметром $37,5^{+0,1}$ *мм* с чистотой

обработанной поверхности $\nabla 8$ обрабатывалось на заводе скоростным зенкерованием с последующим протягиванием стальной выглаживающей протяжкой, имеющей кольца из стали Р18. Эта протяжка обладала весьма низкой стойкостью (на каждую тысячу труб надо было менять два кольца) и склонностью к образованию нароста, который рабочий периодически удалял шлифовальной шкуркой.

Институтом сверхтвердых материалов была проведена работа по исследованию возможности протягивания этой детали непосредственно с черной поверхности без предварительной механической обработки. Основная трудность состояла в том, чтобы протянутые трубы имели отклонения от прямолинейности не выше 0,05 *мм* по всей длине. Значительная кривизна протянутых труб объясняется разностенностью черных заготовок и их недостаточной жесткостью (толщина стенки 3 *мм* при длине детали 300 *мм*). Для исправления кривизны протянутых труб пришлось несколько усложнить технологический процесс их изготовления, введя в него операцию правки труб на прессе после протягивания.

Для обработки трубы скользящей был принят следующий технологический процесс:

отрезка заготовки;

травление;

протягивание отверстия твердосплавной деформирующей протяжкой до размера диаметра $37{,}5^{+0{,}1}$ *мм*;

правка труб на гидравлическом прессе;

наружная проточка до размера диаметра 42 *мм*;

калибрование отверстия твердосплавной деформирующей протяжкой до размера диаметра $37{,}5^{+0{,}1}$ *мм*.

По этому технологическому процессу была обработана опытная партия труб скользящих. Все они полностью соответствовали требованиям технических условий. В настоящее время этот технологический процесс внедряется в производство.

Таким образом, внедрение твердосплавных деформирующих протяжек для обработки отверстий в деталях 3-й группы позволяет сэкономить большое количество разнообразных инструментов (протяжки из быстрорежущей стали, твердосплавные зенкера, развертки и т. д.).

Четвертая группа. У деталей этой группы отверстия, как правило, протягиваются деформирующей протяжкой после предварительной обработки отверстия резанием (скоростное зенкерование, развертывание или растачивание).

Сюда можно отнести цилиндры амортизаторов и трубы скользящие мотоциклов М-104 и ИЖ-56, трубу наконечника пера вилки мотоцикла К-750 при обработке их отверстий деформирующими протяжками после предварительного скоростного развертывания. Эти варианты технологического процесса были внедрены на мотозаводах Киева, Минска и Ижевска как промежуточные перед пере-

ходом на обработку отверстий непосредственно по черной поверхности.

Отверстия, обработанные под протягивание, могут иметь чистоту и точность на 2—3 класса ниже той, которая должна быть после протягивания (в зависимости от степени пластической деформации отверстия, которая составляет 0,25—2,0%). Стойкость этих протяжек исчисляется сотнями тысяч деталей.

Во всех случаях при протягивании деталей 4-й группы технологический процесс их изготовления значительно упрощается, так как из него исключаются такие малопроизводительные операции, как тонкое растачивание, чистовое зенкерование, хонингование, раскатывание, притирка, шлифование, а в отдельных случаях и термообработка.

На Барановичском заводе автомобильных агрегатов цилиндр амортизатора передней подвески автомобилей МАЗ-500 изготовляется из трубы 60×6 *мм*, ГОСТ 8732—58 (материал — сталь 45, НВ187—229). К цилиндру амортизатора предъявляются высокие требования по чистоте рабочей поверхности отверстия (▽ 9) и точности его изготовления ($\varnothing 52^{+0,06}$ *мм*). Технологический процесс изготовления этих деталей включал следующие операции: отрезку заготовки; термообработку (закалка, отпуск до НВ241—269); шлифование по наружному диаметру; черновое зенкерование отверстия до диаметра 51 *мм*; чистовое зенкерование отверстия до диаметра $51,95^{+0,03}$ *мм*; хонингование отверстия до диаметра $51,98^{+0,02}$ *мм*; раскатывание отверстия до диаметра $52^{+0,06}$ *мм*.

При таком технологическом процессе обработки много деталей шло в брак из-за невозможности стабильного получения необходимой чистоты и точности обработанного отверстия. Кроме того, сравнительно невысокая стойкость зенкеров и хонинговальных брусков приводила к значительной затрате инструмента. Малопроизводительная операция раскатывания увеличивала трудоемкость изготовления деталей.

Для обработки отверстий цилиндров амортизатора Институтом сверхтвердых материалов разработана, изготовлена и внедрена в производство сборная деформирующая протяжка с кольцами, изготовленными из твердого сплава ВК15М. Внедрение этой протяжки позволило обрабатывать отверстие цилиндров амортизатора до необходимого размера сразу после 1-го зенкерования, полностью исключив из технологического процесса операции чистового зенкерования, хонингования, раскатывания и термообработку. При этом качество протянутых отверстий улучшилось.

Твердосплавная деформирующая протяжка работает на Барановичском заводе с октября 1965 г., до 1 января 1968 г. она должна обработать свыше 230 тыс. деталей.

К этой группе нужно также отнести детали, имеющие асимметричный наружный профиль с утолщениями и приваренными бобышками. Отверстие диаметром $52^{+0,08}$ *мм* с чистотой обработки ▽ 9 цилиндра гидроусилителя руля автомобиля МАЗ-500 (рис. 6),

изготавливаемого на Минском автозаводе из трубы 63×8, ГОСТ 8732—58 (материал сталь 45, НВ229—269), обрабатывалось по следующей технологии: зенкерование до диаметра 51 *мм*; зенкерование до диаметра $51{,}95^{+0.03}$ *мм*; хонингование до диаметра $52^{+0{,}06}$ *мм*; раскатывание до диаметра $52^{+0{,}08}$ *мм*. Бобышки привариваются перед обработкой отверстий. Наличие утолщений (бобышек) и сварных швов создает трудности при обработке отверстия пластическим деформированием. В этом случае величина пластической деформации не может быть значительной, так как это влияет на прочность сварного шва и на точность обработанного отверстия.

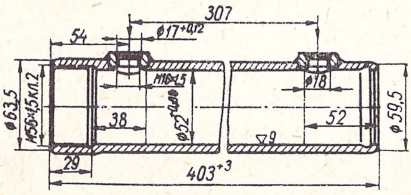


Рис. 6. Цилиндр гидроусилителя руля автомашины МАЗ-500.

Институтом сверхтвердых материалов внедрены твердосплавные деформирующие протяжки для обработки отверстий и в этой детали. При этом из технологического процесса исключены операции предварительного зенкерования хонингования и раскатывания. В настоящее время обработка отверстия в цилиндре гидроусилителя руля состоит из зенкерования отверстия до диаметра $51{,}4^{+0{,}1}$ *мм* и протягивания твердосплавной деформирующей протяжкой до диаметра $52^{+0{,}08}$ *мм*. Минский автозавод по этому технологическому процессу работает с июля 1966 г. и до 1 января 1968 г. обработает около 40 тыс. цилиндров.

Для протягивания точных отверстий в тонкостенных втулках, запрессованных в какой-либо корпус, целесообразно применять комбинированную твердосплавную протяжку, состоящую из трех групп колец: а) деформирующих, которые необходимы для надежного направления режущих колец и лучшей запрессовки втулок в корпус; б) режущих для снятия припуска; в) группы выглаживающих колец для получения требуемой чистоты и точности обработанного отверстия.

Такая протяжка разработана для протягивания отверстия диаметром $22^{+0{,}05}_{+0{,}02}$ *мм* с чистотой обработки ▽8 в бронзовой втулке коромысла клапана тракторных двигателей. Общий припуск на протягивание равен 0,15—0,17 *мм*. Протяжка прошла испытания при обработке опытной партии втулок коромысла на хмельницком заводе «Трактородеталь».

В приложении 1 приведены сводные данные о внедрении твердосплавных деформирующих протяжек и прошивок на различных предприятиях в 1964—1967 гг.

КАЧЕСТВО ОТВЕРСТИЙ, ОБРАБОТАННЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ДЕФОРМИРУЮЩИМИ ПРОТЯЖКАМИ

В процессе деформирования деталей, осуществляемого твердосплавными протяжками, происходит качественное изменение протянутого отверстия — уменьшение шероховатости поверхности и повышение точности отверстия по сравнению с исходной. Эти качественные изменения связаны с перераспределением металла обрабатываемой детали, в результате чего происходит исправление профиля поверхности и геометрической формы отверстия.

Качество обработанных отверстий находится в непосредственной зависимости от исходного состояния протягиваемой поверхности, величины пластической деформации (припуск под протягивание), схемы протягивания, обрабатываемого металла, толщины стенки протягиваемой детали, смазки и т. д.

Чистота обработанной поверхности. Для получения требуемого класса чистоты необходимо правильно рассчитать процесс деформирующего протягивания и правильно построить технологический процесс обработки детали в целом. При этом необходимо руководствоваться следующими соображениями:

а) шероховатость обработанной поверхности уменьшается с увеличением силы протягивания, что равнозначно увеличению суммарной пластической деформации или увеличению толщины стенки обрабатываемой детали. Однако это увеличение не может быть безграничным, при определенных величинах пластической деформации может наступить ухудшение чистоты обработки — поверхность начинает шелушиться. Кроме того, увеличение пластической деформации или толщины стенки, а следовательно, и силы протягивания ограничивается прочностью стержня протяжки и силой тяги станка.

На рис. 7 приведена зависимость шероховатости обработанной поверхности от величины суммарной пластической деформации при различной толщине стенок втулок для отверстия диаметром 34,5 *мм* в деталях из стали 45, обработанных твердосплавной деформирующей протяжкой с натягами по 0,1 *мм* на каждом кольце;

б) шероховатость обработанной поверхности уменьшается с увеличением числа колец, протягиваемых через отверстие, т. е. с уменьшением натяга на каждое кольцо. Однако с уменьшением натяга на кольцо протяжка становится более длинной и менее производительной.

На рис. 8 приведена зависимость шероховатости обработанной поверхности от величины суммарной пластической деформации при различном натяге на кольцо для отверстий диаметром 35,4 *мм* в деталях из стали 45, обработанных твердосплавной деформирующей протяжкой;

в) шероховатость обработанной поверхности уменьшается с уменьшением шероховатости исходной поверхности. Однако вли-

яние шероховатости сказывается только в области небольших пластических деформаций (0,1—0,4 *мм*). Начиная с деформации 0,5—0,7 *мм* влияние шероховатости исходной поверхности не сказывается и протягивание деталей можно производить после развертывания, зенкерования, сверления, режущего протягивания,

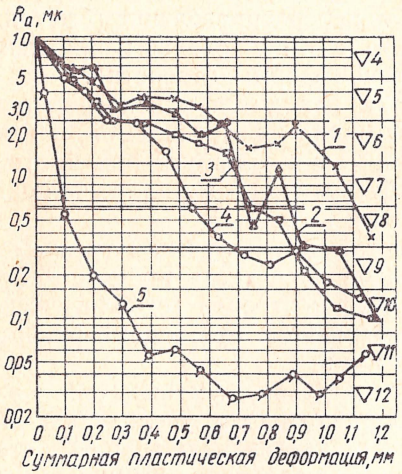


Рис. 7. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от суммарной пластической деформации при различной толщине (t) стенок втулок: *1—t=2 мм; 2—t=3 мм; 3—t=4 мм; 4—t=5 мм; 5—t=7 мм.*

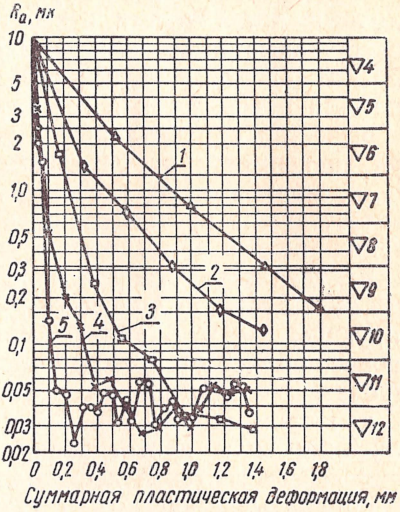


Рис. 8. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от суммарной пластической деформации при различном натяге (а) на кольцо: *1—a=0,5 мм; 2—a=0,3 мм; 3—a=0,2 мм; 4—a=0,1 мм; 5—a=0,5 мм.*

а в отдельных случаях и по черной необработанной поверхности. На рис. 9 приведена зависимость шероховатости поверхности, обработанной твердосплавной деформирующей протяжкой, от величины суммарной пластической деформации для втулок диаметром 34,5 *мм* из стали 45, предварительно расточенных с различной продольной подачей (различная шероховатость исходной поверхности);

г) шероховатость обработанной поверхности можно уменьшить путем правильного подбора соответствующей смазки.

Поясним эти зависимости на нескольких примерах.

Цилиндр амортизатора и цилиндр гидроусилителя руля автомобиля МАЗ-500 протягиваются после предварительного зенкерования. Цилиндр амортизатора имеет припуск под протягивание 1,0—1,2 *мм* и толщину стенки 4,5 *мм*. Цилиндр гидроусилителя руля имеет припуск на протягивание 0,5—0,6 *мм* и толщину стенки 8,0 *мм*. Первая деталь протягивается семью кольцами, а вторая — четырьмя кольцами с натягами 0,1—0,2 *мм* на каждое кольцо.

У второй детали при меньшем припуске, меньшей степени пластической деформации и меньшем числе деформирующих колец достигается такой же класс чистоты обработанной поверхности (▽9), что и у первой детали, за счет большей толщины стенки. Когда у первой детали уменьшали припуск под протягивание, а у второй — толщину стенки, то чистота обработки ухудшалась.

Отверстие в трубе скользящей мотоцикла М-104, изготовляемого Минским мотовелозаводом, должно иметь чистоту обработки ▽8. Этот класс чистоты легко достигается при обработке с черной поверхности при величине пластической деформации, равной 1,7—1,8 *мм* и толщине стенки детали 3 *мм*. Когда эту деталь предварительно обтачивали снаружи, уменьшая толщину стенки до 2,3—2,5 *мм*, то шероховатость обработанной поверхности увеличивалась. Особенно это резко сказывалось при обработке детали деформирующей протяжкой после предварительного зенкерования, т. е. с одновременным уменьшением величины пластической деформации и толщины стенки. Для получения в этом случае необходимой чистоты обработки пришлось уменьшить натяг на кольцо с 0,2 *мм* до 0,04—0,10 *мм* и увеличить число колец в протяжке. С увеличением подачи при предварительном зенкеровании с 0,57 *мм/об* до 0,95 *мм/об* чистота протянутой поверхности также ухудшилась.

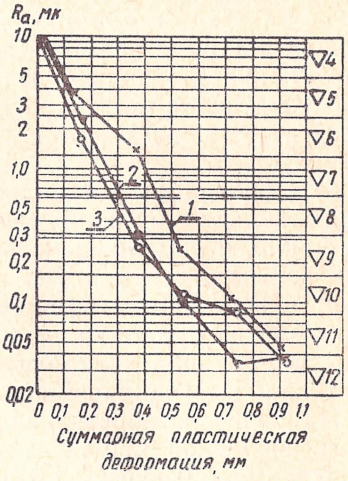


Рис. 9. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от суммарной пластической деформации для втулок, предварительно расточенных с различными подачами ($S_{пр}$):
1 — $S_{пр}$ = 0,57 *мм/об*; *2* — $S_{пр}$ = 0,38 *мм/об*; *3* — $S_{пр}$ = 0,21 *мм/об*.

На Ижевском машзаводе проводились испытания по протягиванию трубы скользящей мотоцикла ИЖ-56. При протягивании этих деталей с небольшой величиной пластической деформации (0,10—0,20 *мм*), предварительно обточенных снаружи, не удавалось получать чистоту обработки, соответствующую ▽9. У деталей, не обточенных снаружи, т. е. имеющих большую толщину стенки, чистота обработки соответствовала ▽9—▽10.

На этом же заводе обработка цилиндра амортизатора мотоцикла ИЖ-56 производилась после предварительного развертывания. После развертывания чистота обработки составляла ▽5—▽6. Величина пластической деформации — 0,40—0,45 *мм*. После протягивания чистота обработки находилась в пределах ▽7—▽8, т. е. стабильное получение чистоты ▽8 не обеспечивалось. После того, как в качестве смазки стали применять сульфофрезол вместо 5%-

ного раствора эмульсола, чистота обработки повысилась на один класс. Таким образом, при прочих равных условиях применение соответствующей смазки позволяет повысить чистоту обработки.

Точность обработки. Точность обработанных отверстий зависит в основном от принятой схемы протягивания, от величины пластической деформации, а также от точности отверстия перед протягиванием. Под схемой протягивания подразумевается порядок распределения всей пластической деформации (всего припуска под протягивание) между отдельными кольцами протяжки. Различаются следующие схемы протягивания:

а) с постоянным номинальным натягом на все деформирующие кольца;

б) с большими номинальными натягами на первых деформирующих кольцах, выполняющих основную долю пластической деформации, и с малыми натягами на последних 2—4 деформирующих кольцах;

в) с постоянным номинальным натягом на всех деформирующих кольцах протяжки, выполняющих всю пластическую деформацию, и с группой калибрующих (выглаживающих) колец в конце протяжки, имеющих одинаковый диаметр.

Наиболее распространенной является 1-я схема протягивания, обеспечивающая при соответствующем выборе натяга на кольцо необходимую точность обработанного отверстия. Выбор натяга на кольцо производится с учетом заданной точности. С увеличением натягов на кольцо точность уменьшается. Для получения 2-го класса точности необходимо принимать малые натяги (0,05—0,07 *мм*) при небольшой пластической деформации (0,10—0,40 *мм*) или выбрать вторую схему протягивания при большой величине пластической деформации. Для получения 3-го класса точности следует принимать натяги 0,2—0,3 *мм* на кольцо, для получения 4—5-го классов натяги на кольцо можно доводить до 0,5—1,0 *мм*. 3-ю схему протягивания целесообразно применять в том случае, когда нужно получить 2-й класс точности в сочетании с высокой чистотой обработки. Однако, как показала практика, применение калибрующих колец повышает точность очень незначительно.

Опыт работы твердосплавных деформирующих протяжек показал, что деформирующее протягивание обеспечивает точность более высокую, чем многие другие операции по обработке отверстий, такие, как зенкерование, развертывание, режущее протягивание и т. д. При этом точность протянутых отверстий повышается с увеличением суммарной пластической деформации.

На рис. 10 представлены кривые распределения эллиптичности отверстий втулок балансира трактора ДТ-54, протянутых режущей протяжкой из стали Р18, а затем твердосплавной деформирующей протяжкой из сплава ВК15. Количество деталей в партии — 200 шт. Материал втулки — сталь 20, НВ165. В качестве смазки применялся сульфофрезол. Величина припуска под чистовое протягивание—1,0 *мм*. Из графиков видно, что твердосплавная деформи-

рующая протяжка обеспечивает получение эллиптичности не более 0,08 *мм*, причем 70% деталей имеют эллиптичность до 0,02 *мм*, а после режущей протяжки эллиптичность доходит до 0,25 *мм*.

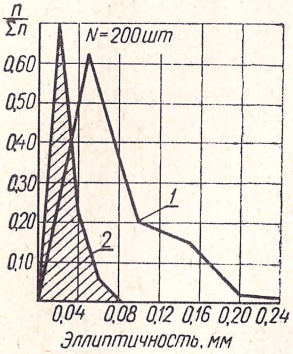


Рис. 10. Распределение эллиптичности отверстий втулок балансира трактора ДТ-54, обработанных:

1—режущей протяжкой из стали Р18; *2*—твердосплавной деформирующей протяжкой.

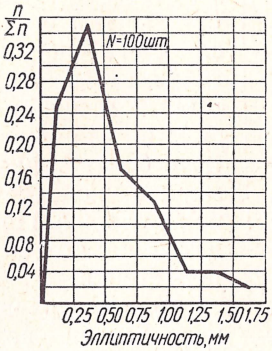


Рис. 11. Распределение эллиптичности отверстий черных необработанных заготовок втулок балансира трактора ДТ-54.

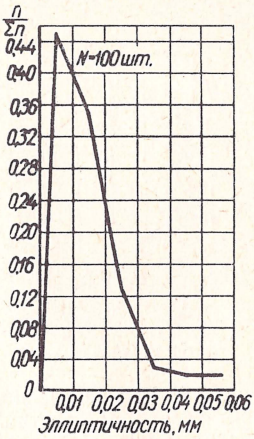


Рис. 12. Распределение эллиптичности отверстий втулок балансира трактора ДТ-54, обработанных твердосплавной деформирующей протяжкой по черной поверхности.

Такая высокая точность достигается и при протягивании твердосплавными деформирующими протяжками втулок по черной необработанной поверхности. На рис. 11 и 12 представлены кривые распределения эллиптичности отверстий у черных необработанных втулок балансира и распределения эллиптичности этих втулок после протягивания их твердосплавными деформирующими протяжками. Если у черных заготовок эллиптичность доходит до 1,6 *мм*, причем 60% всех заготовок имеют эллиптичность до 0,5 *мм*, то после протягивания величина эллиптичности не превышает 0,06 *мм*, а у 80% деталей — 0,02 *мм*.

На рис. 13 изображены кривые распределения эллиптичности отверстия цилиндров амортизатора мотоцикла ИЖ-56, обработанного скоростным развертыванием и твердосплавным деформирующим протягиванием. Материал цилиндров — сталь 45. Величина припуска под чистовое протягивание 0,4 *мм*, натяг на кольцо — 0,1 *мм*. Количество деталей в партии — 100 шт. После развертывания величина эллиптичности доходит до 0,08 *мм*, а после протягивания она не превышает 0,035 *мм*, причем 72% деталей имеют эллиптичность от 0 до 0,01 *мм*.

Наибольшие затруднения при протягивании возникают в связи

с искривлением детали (отклонением от прямолинейности), которое вызывается различными причинами, главная из них — разностенность заготовок. В процессе деформирующего протягивания детали происходит некоторое ее укорочение на величину Δl [12, 13].

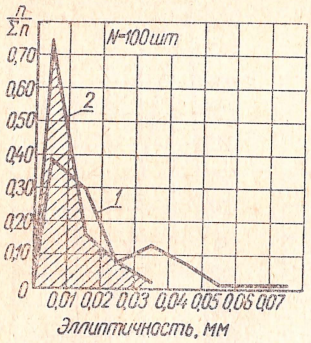


Рис. 13. Распределение эллиптичности отверстий цилиндра амортизатора мотоцикла ИЖ-56, обработанных: 1—скоростным развертыванием; 2—твердосплавной деформирующей протяжкой.

Одним из факторов, влияющих на величину Δl, является толщина стенки t протягиваемой детали. Чем меньше толщина стенки, тем больше укорочение при одинаковой степени деформации. Если протягиваемая деталь имеет стенки разной толщины, то сторона детали с более толстой стенкой укорачивается меньше, чем сторона с более тонкой стенкой. Это неравномерное укорочение детали приводит к ее искривлению. При этом вогнутость приходится на сторону с наименьшей толщиной стенки.

Влияние разностенности на искривление детали возрастает с увеличением пластической деформации. Так, трубы скользящие мотоциклов М-104 и ИЖ-56 протягивались с различной величиной пластической деформации от 0,05 до 0,4 *мм*. Искривление трубы и количество кривых труб в партии увеличивались с увеличением пластической деформации при прочих равных условиях. При одной и той же величине пластической деформации увеличение силы протягивания не сказывается на искривлении труб. Так, две партии труб скользящих мотоцикла ИЖ-56, имеющих приблизительно одинаковую разностенность и обработанные разверткой до одного размера диаметра $38^{+0,1}$ *мм*, протягивались с использованием 5% раствора эмульсола или сульфофрезола, который повышает силу протягивания на 10—15%. Заметной разницы в искривлении труб одной и другой партии не обнаружено.

Очень большое влияние на искривление оказывает жесткость детали (толщина ее стенки). С уменьшением толщины стенки кривизна труб увеличивается.

Институтом сверхтвердых материалов разработаны, испытаны и внедрены на ряде заводов различные методы борьбы с искривлением деталей при деформирующем протягивании. Одним из таких способов является устранение разностенности путем обточки детали относительно внутренней обработанной поверхности. На Барановичском заводе автомобильных агрегатов при обработке цилиндров амортизатора автомобиля МАЗ-500 деталь сначала зенкеруется, затем относительно внутренней поверхности на разжимных цангах обтачивается наружная поверхность и после этого цилиндр протягивается. При этом разностенность полностью устра-

няется и отклонение протянутой детали от прямолинейности не превышает 0,02—0,03 *мм*.

Однако такой способ применим только при высокой точности обработки отверстия перед обточкой. Эллиптичность отверстия не должна превышать 0,05 *мм*, в противном случае разностенность останется и детали будут подвержены еще большему искривлению, так как толщина их стенки уменьшится.

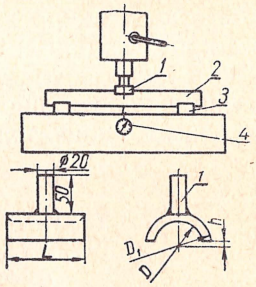


Рис. 14. Схема правки труб, несущих и скользящих, мотоцикла М-104 после протягивания.

На Минском мотовелозаводе опробован способ правки после протягивания труб скользящих и труб несущих мотоцикла М-104 (рис. 14). Трубы, имеющие кривизну от 0,20 до 1,30 *мм*, правятся на гидравлическом прессе. У протянутой трубы определяется максимум стрелы прогиба (вогнутость). После этого труба *2* кладется на призмы *3* выпуклостью вверх и специальным пуансоном *1*, имеющим профиль трубы, производится правка. Величина прогиба определяется по индикатору *4*. Опытная партия труб была таким образом выправлена до кривизны 0,05—0,10 *мм*. После правки оказалось, что профиль трубы в поперечном сечении несколько исказился, появилась огранка. Поэтому трубы после правки были прокалиброваны тремя последними кольцами протяжки. Вся партия труб, обработанная таким способом, соответствовала требованиям технических условий (проверка производилась калибром на прямолинейность и проходной, и непроходной пробками).

Установлено, что кривизна протянутой трубы значительно уменьшается после ее наружной обточки. Поэтому были проведены эксперименты по определению оптимальной кривизны, до которой нужно править трубы. Партии труб по 25 шт. правились после протягивания до кривизны 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 и 0,60 *мм*. Затем трубы снаружи обтачивались до диаметра 42 *мм*. Все трубы, выправленные до кривизны, не превышающей 0,30 *мм*, после наружной обточки выравнивались, их кривизна не превышала 0,05 *мм* по всей длине. Трубы, выправленные до кривизны выше 0,30 *мм*, выравнивались не полностью, хотя были случаи выравнивания труб с кривизной 0,50 и 0,57 *мм*.

Опыты по исправлению искривленных деталей наружной обточкой были проведены и с трубами скользящими мотоцикла ИЖ-56. Все трубы, имеющие кривизну до 0,3 *мм*, после наружной обточки выравнивались и кривизна их не превышала 0,05—0,10 *мм* по всей длине. Таким образом, от того, будет производиться наружная обработка деталей до или после протягивания, во многом зависит качество обработанных деталей.

При внедрении твердосплавных деформирующих протяжек,

в зависимости от требований, предъявляемых к обработанным деталям по чистоте и точности, необходимо произвести расчет процесса деформирующего протягивания, спроектировать и изготовить инструмент, ориентировочно наметить технологический процесс обработки и произвести обработку опытной партии деталей. В процессе обработки опытной партии деталей необходимо внести соответствующие коррективы в схему протягивания, в выбор припуска под протягивание и в выбор смазки, уточнить технологический процесс и лишь после этого приступить к внедрению твердосплавной деформирующей протяжки для обработки больших партий деталей, произведя окончательную отработку технологического процесса.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ВТУЛОК И ТРУБ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ДЕФОРМИРУЮЩИМИ ПРОТЯЖКАМИ

Применение твердосплавных деформирующих протяжек в качестве инструмента для обработки отверстий требует в каждом случае разработки новых технологических процессов обработки деталей. Как правило, эти технологические процессы более прогрессивны по сравнению с технологическими процессами обработки отверстий резанием.

Опыт применения твердосплавных деформирующих протяжек на ряде заводов страны в 1964—1967 гг. позволил в большинстве случаев построить технологические процессы обработки таким образом, что некоторые малопроизводительные и дорогостоящие операции по окончательной обработке отверстий (зенкерование, тонкое растачивание, хонингование, раскатывание) были полностью заменены высокоэффективной операцией деформирующего протягивания. В ряде случаев обработка отверстий производилась непосредственно по черной поверхности без предварительной механической обработки.

При внедрении твердосплавных деформирующих протяжек иногда производилось некоторое усложнение технологического процесса. На Минском мотовелозаводе при протягивании трубы скользящей и трубы несущей мотоцикла М-104 по черной необработанной поверхности происходило искривление деталей. Поэтому протянутые детали приходилось править на прессе и затем вновь калибровать. Операции скоростного развертывания и протягивания стальными выглаживающими протяжками были заменены операциями протягивания твердосплавными и деформирующими протяжками, правки деталей и их калибрования — твердосплавными выглаживающими протяжками. При этом трудоемкость изготовления трубы скользящей увеличилась на 7%, а трубы несущей — на 13%. Однако завод принял этот технологический процесс обработки, так как экономия за счет сокращения расхода инструмента оказалась намного больше, чем удорожание за счет увеличения

трудоемкости. В итоге себестоимость этих деталей снизилась соответственно на 38 и 17%. Введение в технологический процесс обработки таких операций, как травление деталей, подрезка торцов и снятие фасок, трудоемкость которых невелика, как правило, не вызывает увеличения общей трудоемкости изготовления деталей.

При разработке и внедрении твердосплавных деформирующих протяжек в отдельных случаях из существующего технологического процесса может быть исключена операция термической обработки детали. Это не ухудшает работоспособности и долговечности протянутых деталей, а микротвердость обработанных поверхностей даже повышается. Так, при обработке цилиндра амортизатора автомобиля МАЗ-500 на Барановичском заводе автомобильных агрегатов из технологического процесса, кроме операции окончательного зенкерования, хонингования и раскатывания, была исключена операция термической обработки (закалка, отпуск до НВ241—269). Для того чтобы проверить, как это скажется на микротвердости протянутых поверхностей, их работоспособности и долговечности, в экспериментальном цехе Минского автозавода были проведены сравнительные испытания цилиндров, обработанных по старому технологическому процессу с термообработкой, и цилиндров, обработанных твердосплавными деформирующими протяжками без термообработки. Оказалось, что микротвердость внутренних поверхностей цилиндров, обработанных твердосплавной деформирующей протяжкой без термообработки, на 17% выше, чем микротвердость серийных термообработанных цилиндров. При этом чистота обработки улучшилась на один класс (▽10 вместо ▽9). При испытаниях цилиндров на стенде после 1 млн. циклов работы параметры его диаграммы не изменились, что свидетельствует о высокой износостойкости протянутых цилиндров.

При разработке новых технологических процессов необходимо учитывать изменения длины и наружного диаметра детали после протягивания, так как при деформирующем протягивании деталей из пластичных металлов одновременно с увеличением внутреннего диаметра увеличивается наружный диаметр и уменьшается длина детали. Размеры деталей после протягивания можно рассчитать по эмпирическим уравнениям [13]. С учетом укорочения детали устанавливается длина отрезаемой заготовки. Очень важно правильно выбрать размер заготовки детали с тем, чтобы наиболее полно использовать возможность осуществления значительного изменения диаметров детали без превращения металла в стружку.

В качестве примера рассмотрим изготовление втулки балансира трактора ДТ-54 (завод им. Лепсе). Согласно техническим условиям втулка должна иметь внутренний диаметр $72^{+0,4}_{+0,2}$ *мм* и наружный диаметр по бурту — 88±0,9 *мм*. Эта деталь на заводе изготавливалась из горячекатаной трубы размером 89×11 *мм* (ГОСТ 8732—58). Внутренний диаметр заготовки составлял 89—(2×11) =67 *мм*. Таким образом, при обработке отверстия втул-

ки режущим инструментом с диаметра 67 до диаметра $72^{+0,4}_{+0,2}$ *мм* много металла уходило в стружку. Если же эту заготовку протягивать деформирующей протяжкой по черной поверхности без механической обработки, то наружный диаметр увеличивается до 94 *мм*. Чтобы получить необходимый размер 88±0,9 *мм*, деталь необходимо протачивать и опять много металла уходит в стружку. Поэтому было решено подобрать такой размер заготовки, который позволил бы за счет увеличения внутреннего диаметра получать требуемый размер и наружного диаметра. Заготовка размером 83×8 *мм* соответствует этому требованию. Ее внутренний диаметр равен 83—(2×8)=67 *мм*. Величина пластической деформации равна в среднем 5,5 *мм*. Этого достаточно для того, чтобы наружный диаметр детали увеличился до требуемого размера 88±0,9 *мм*.

Поэтому приступая к деформирующему протягиванию той или иной детали, необходимо рассчитать и подобрать наиболее рациональный размер заготовки, позволяющей получить экономию металла [13].

Однако чрезмерное уменьшение толщины стенки уменьшает жесткость заготовки, в результате чего появляется опасность ее искривления, особенно при большой длине детали. Кроме того, с уменьшением толщины стенки ухудшается чистота обработки [12, 13]. Поэтому в каждом случае необходимо провести испытания опытных партий с целью установления оптимального размера заготовки, обеспечивающего получение деталей, соответствующих требованиям технических условий.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДЕФОРМИРУЮЩИХ ПРОТЯЖЕК

Твердосплавные деформирующие протяжки являются высокопроизводительным инструментом, обладающим целым рядом специфических свойств, присущих только этому инструменту. Эти свойства обусловлены, в первую очередь, тем, что рабочие элементы протяжек — деформирующие кольца — изготовлены из твердого сплава, материала очень твердого и износостойкого, но довольно хрупкого в сравнении с инструментальными сталями. Создавая значительные пластические деформации, твердосплавные кольца и стальная оправка, на которой они находятся, сами испытывают очень большие нагрузки. Кроме того, в процессе протягивания осуществляется большая работа по преодолению сил трения, возникающих между рабочими поверхностями колец и протягиваемой поверхностью. В результате этого происходит выделение большого количества тепла и повышение температуры в зоне контакта кольца с деталью.

Станки. При обработке отверстий твердосплавными деформирующими протяжками используются обычные горизонтально-про-

тяжные и вертикально-протяжные станки. От правильного выбора модели станка зависит производительность операции протягивания и качество протянутых деталей. При этом надо учитывать максимальную силу тяги станка, величину рабочего хода, а также его тип (горизонтальный или вертикальный).

Необходимо, чтобы максимальная сила протягивания Q была на 20—25% меньше силы тяги станка ($P_т$) и силы, соответствующей прочности стержня протяжки ($P_{хв}$) [13].

Производительность операции протягивания может быть значительно увеличена, если станок оборудовать автоматическим загрузочным устройством и работу производить на автоматическом цикле. При этом резко уменьшается вспомогательное время, весь процесс протягивания происходит без вмешательства рабочего, который только следит за работой станка и обеспечивает подачу заготовок в загрузочный бункер. Таким устройством оборудованы горизонтально-протяжные станки модели 7540 на Киевском заводе им. Лепсе, где протягивается втулка балансира трактора ДТ-54 длиной 80 *мм* (рис. 15). При этом рабочий цикл равен 8 *сек*. Это значит, что при нормальной работе станка и бесперебойной подаче деталей за смену может быть обработано 2500—2700 деталей.

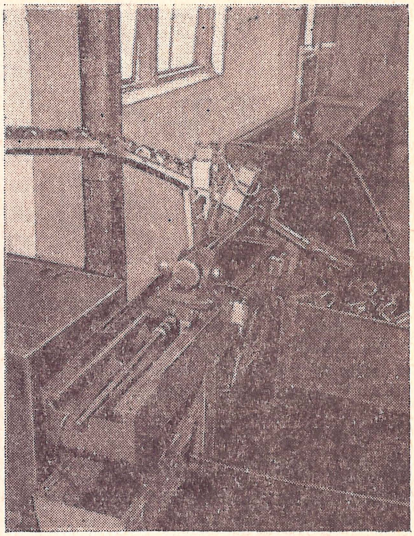


Рис. 15. Обработка втулки балансира трактора ДТ-54 твердосплавной деформирующей протяжкой на протяжном станке с автоматическим загрузочным устройством.

Инструмент. Твердосплавные кольца изготавливаются в соответствии с типовым технологическим процессом и инструкцией, разработанными в Институте сверхтвердых материалов (см. приложения 2, 3). Стержни, промежуточные и направляющие втулки и гайки изготавливаются из конструкционных сталей обычным способом.

Для обеспечения достаточной прочности стержня и промежуточных втулок их необходимо калить до HRC40—45. Стержень должен быть тщательно прошлифован, искривление стержня не допускается. Промежуточные втулки необходимо изготавливать также очень тщательно. Главное внимание необходимо обращать на обеспечение строгой параллельности торцов промежуточных втулок и их перпендикулярность оси втулки. Для этого один из торцов подрезается с одной установки при изготовлении отверстия

втулки, затем этот торец берется как базовый и относительно него шлифуется второй торец. Диаметр промежуточной втулки должен быть равен или на 0,4—0,6 *мм* меньше диаметра последующего твердосплавного кольца у его торца (но не по ленточке!).

Направляющая часть стержня, кроме основной задачи — направления протяжки в отверстие, выполняет еще одну важную функцию — является своего рода калибром, не позволяющим «тугим» деталям попадать на протяжку. Диаметр направляющей части стержня обычно делают меньше диаметра первого твердосплавного кольца на величину натяга на кольцо *a* (*мм*), принятого для данной схемы протягивания.

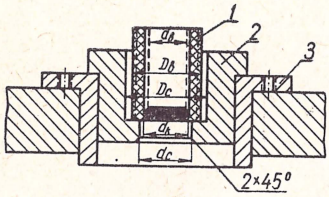


Рис. 16. Схема установки детали в опорный стакан при протягивании отверстия твердосплавной деформирующей протяжкой.

Опорный стакан. Ответственной деталью оснастки является опорный стакан (рис. 16). Применяется тугая посадка стакана *2* в опорную втулку *3*. Внутренние диаметры стакана d_c и D_c выбираются в зависимости от размеров последнего кольца протяжки $d_к$, внутреннего диаметра детали *1* до протягивания $d_в$ (*мм*), наружного диаметра детали после протягивания $D_в$ (*мм*), толщины стенки детали t (*мм*) и величины суммарной пластической деформации ε. Стакан необходимо калить до HRC45—50.

В процессе протягивания опорная поверхность стакана постепенно изнашивается. При этом происходит перекос протягиваемой детали относительно оси протягивания, в результате чего резко возрастают силы протягивания, что может привести к разрушению твердосплавных колец. Признаком износа опорной поверхности является как бы завальцовывание опорного кольца детали.

Смазка. Смазка применяется для снижения работы трения, уменьшения сил протягивания, предупреждения нароста на деформирующих кольцах, а также для охлаждения твердосплавной протяжки и улучшения качества обработанной поверхности. Многочисленные опыты, проведенные в Институте сверхтвердых материалов, а также наблюдения за работой протяжек в производственных условиях позволяют сделать вывод, что наиболее эффективной смазкой является сульфофрезол, хотя с точки зрения снижения сил протягивания и уменьшения нагрева он уступает таким смазкам, как 5%-ный раствор эмульсола и 3%-ный раствор мыла в воде.

При протягивании деталей из малопластичных сталей, чистота обработки которых не должна превышать ▽6—▽7, можно рекомендовать 5%-ный раствор эмульсола, однако для получения более высоких классов чистоты (▽8—▽10), особенно у тонкостенных деталей при небольшой величине пластической деформации (0,1—0,3 *мм*), необходимо в качестве смазки пользоваться сульфо-

фрезолом. Кроме того, сульфофрезол менее других смазок способствует возникновению нароста на деформирующих кольцах, особенно при обработке сталей, обладающих значительной пластичностью (сталь 10, сталь 20). Эти свойства сульфофрезола отчетливо проявились при обработке твердосплавными деформирующими протяжками на заводе им. Лепсе отверстия диаметром $72^{+0,4}_{+0,2}$ *мм* во втулке балансира трактора ДТ-54, изготовленной из стали 20.

При использовании в качестве смазки эмульсола, а также 3%-ного мыльного раствора, многократно наблюдалось появление нароста. При применении сульфофрезола возниковение нароста прекращалось, резко улучшалось качество обработанной поверхности.

На Минском мотовелозаводе при протягивании цилиндров амортизатора диаметром $20{,}6^{+0,045}$ *мм* (материал — сталь 45) после предварительного зенкерования до диаметра 20,5 *мм*, используя в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости 5%-ный раствор эмульсола, удалось получить только 7—8-й классы чистоты. При применении сульфофрезола чистота обработанной поверхности улучшилась до ▽9.

В то же время на Киевском мотозаводе при обработке цилиндров амортизатора диаметром $20^{+0,045}$ *мм* по черной поверхности, где величина пластической деформации составляет 0,9—1,1 *мм* (материал — сталь 35), в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости успешно применяется 5%-ный раствор эмульсола, обеспечивающий получение 9-го класса чистоты обработанной поверхности.

На основании обобщения опыта применения твердосплавных деформирующих протяжек можно сделать следующие выводы:

а) при обработке деталей из сталей с повышенной пластичностью, а также тонкостенных деталей с незначительной величиной пластической деформации (до 0,3 *мм*), если необходимо получить высокий класс чистоты (▽8—▽10), в качестве смазки необходимо пользоваться только сульфофрезолом;

б) при обработке деталей с невысокими требованиями по чистоте (▽6— ▽7), а также для деталей со значительной величиной пластической деформации в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости можно применять 5%-ный раствор эмульсола или 3%-ный раствор мыла в воде.

Однако для окончательного выбора смазки желательно в каждом отдельном случае произвести пробное протягивание опытной партии деталей с той или иной смазкой. В опытной партии должно быть не менее 1000 шт. деталей, так как нарост нередко появляется после протягивания нескольких сотен деталей.

Конечные результаты процесса деформирующего протягивания во многом зависят от качества смазки. Применяемая смазка должна быть чистой, без посторонних примесей, стружки, песка и т. д. Особенно важно соблюдать эти требования при протягивании де-

талей с большими пластическими деформациями. Так, при обработке втулки балансира трактора ДТ-54 на заводе им. Лепсе было установлено, что попадание в сульфофрезол даже небольшого количества другой смазки (эмульсола) или воды приводило к возникновению нароста. Поэтому станок, на котором будет производиться протягивание, должен быть тщательно очищен от стружки, грязи, старая смазка должна быть полностью удалена, а вся система тщательно промыта. Лишь после этого можно заливать в станок новую смазку. Насос должен обеспечивать обильную подачу смазки на протяжку (а не на деталь!) непосредственно перед входом ее в отверстие детали. Перспективной является подача смазки через стержень протяжки. В этом случае внутренняя поверхность детали смазывается постоянно, что очень важно для снижения сил протягивания, особенно при работе с большими деформациями и при протягивании длинных деталей (свыше 300 *мм*). Разработка конструкций таких протяжек и исследование их работоспособности проводятся в настоящее время в Институте сверхтвердых материалов.

Смазка в процессе работы постепенно «изнашивается», загрязняется и теряет свои свойства. Признаком загрязнения смазки является появление характерного скрипа при работе протяжки, а также возникновение нароста. При этом «изношенный», нечистый сульфофрезол меняет свой цвет: из маслянисто-коричневого, почти черного, он становится светло-коричневым, напоминающим цвет «кофе с молоком». Кроме того, грязный сульфофрезол при работе с большими пластическими деформациями начинает «кипеть», при этом на наружной поверхности детали и на протяжке после протягивания очередного отверстия образуется пена.

Отработанную смазку необходимо заменить. Однако при правильно рассчитанном процессе протягивания, тщательной подготовке станка и деталей под протягивание можно пользоваться смазкой сравнительно долгое время без полной ее замены, лишь периодически доливая до нормального уровня.

Подготовка деталей к протягиванию. При протягивании отверстий твердосплавными деформирующими протяжками необходима правильная подготовка детали к протягиванию. Опорный торец детали должен быть подрезан как можно более тщательно, чтобы обеспечить перпендикулярность его продольной оси. Неправильно подрезанный торец может вызвать перекос детали и, как следствие этого, поломку твердосплавных колец. Фаски на опорном торце делать не рекомендуется, так как это уменьшает площадь опоры детали. На входном торце надо обязательно снимать фаску для обеспечения правильного захода кольца в отверстие. Наличие заусенцев на входном торце, оставшихся после механической обработки, недопустимо. Также недопустимо наличие внутри детали стружки, песка, грязи и т. д. Это затрудняет процесс протягивания и может вызвать возникновение нароста. Поэтому детали перед протягиванием надо промывать или продувать сжатым воздухом.

Особенно тщательно необходимо готовить детали, которые протягиваются непосредственно по черной необработанной поверхности, покрытой грязью, ржавчиной и окалиной. Наиболее распространенным способом очистки деталей перед протягиванием является травление. В качестве типового можно привести следующий технологический процесс травления деталей перед протягиванием, предложенный и внедренный Минским мотовелозаводом:

1. Обезжиривание:

а) промывание в керосине на специальных подвесках путем трех-четырехкратного погружения в течение 1,0—1,5 *мин*;

б) просушка на воздухе для удаления керосина;

в) химическое обезжиривание.

Состав для обезжиривания, %: сода каустическая — 10, тринатрийфосфат (или сода кальцинированная) — 5, жидкое стекло — 1 и вода 84.

Режим: T=90—100°С; t=30 *мин* (в зависимости от степени загрязнения);

г) промывка в горячей воде в течение 0,5 *мин*;

д) промывка в холодной воде в течение 1 *мин*.

2. Химическое травление:

а) состав для травления, %: серная кислота — 10—15, хлористый натрий — 1 и вода — 84—89.

При приготовлении этой ванны кислоту обязательно надо доливать в воду, а не наоборот, во избежание ее разбрызгивания.

Режим: T=60—70°С; t=60—80 *мин* (в зависимости от степени коррозии);

б) промывка в холодной проточной воде путем двух-трехкратного погружения в течение 0,5—1,0 *мин*.

Если обработанная поверхность согласно техническим условиям должна быть светлой, то после травления детали можно осветлить. Для этого применяется следующий раствор, %: хромовый ангидрид — 10—15, серная кислота — 5 и вода 80—85.

При этом хромовый ангидрид растворяется в небольшом количестве теплой воды и после охлаждения добавляется в ванну. Время осветления — 0,5—2,0 *мин*. Температура комнатная. Затем детали промывают в холодной воде до полного удаления следов хромового ангидрида и в горячей воде (90—95°С) в течение 0,5 *мин* — после двухкратного погружения.

Детали, подготовленные к протягиванию, рекомендуется протягивать сразу после травления, так как от длительного пребывания на воздухе они подвергаются коррозии. При подготовке к протягиванию деталей, изготовленных из горячекатаных труб, можно рекомендовать очистку деталей дробью. Такой способ применяется на заводе им. Лепсе, где используют дробеметные установки. Тщательная обработка деталей этим способом обеспечивает хорошее качество поверхности, подготавливаемой к протягиванию.

ВЫВОДЫ

Опыт внедрения и эксплуатации твердосплавных деформирующих протяжек в производственных условиях в течение 1964—1967 гг. позволяет сделать следующие выводы:

1) использование твердых сплавов для изготовления деформирующих элементов протяжек позволяет достигнуть значительной величины пластической деформации (6—20%) при больших натягах на кольцо (до 1,0—1,5 *мм*), что делает инструмент высокопроизводительным и дешевым;

2) обработка отверстий твердосплавными деформирующими протяжками в ряде случаев успешно заменяет тонкое растачивание, зенкерование, хонингование, шлифование и раскатывание, являясь более экономичным и производительным процессом;

3) при применении твердосплавных деформирующих протяжек обеспечивается стабильное получение высокой чистоты (▽9—▽ 11) и точности (2—3-й классы) обработки отверстий, увеличивается микротвердость поверхностного слоя на 20—40%, повышается долговечность и работоспособность детали;

4) при менее высоких требованиях к чистоте (▽ 6—▽ 8) и точности (3—4-й классы) обработанной поверхности твердосплавными деформирующими протяжками можно протягивать детали из черных заготовок без предварительной механической обработки;

5) высокая стойкость твердосплавных деформирующих протяжек позволяет одним комплектом колец (8—12 шт.) обработать в среднем 100—150 тыс. погонных *м* длины деталей;

6) процесс обработки отверстий твердосплавными деформирующими протяжками легко автоматизируется и обеспечивает производительность до 3000 деталей в смену с одного станка;

7) применение твердосплавных деформирующих протяжек дает экономический эффект от 20 до 200 руб. на каждую тысячу выпускаемых деталей.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Данные о внедрении твердосплавных деформирующих протяжек и прошивок в 1964—1967 гг.

Номер группы	Наименование детали	Материал	Диаметр отверстия, *мм* / Длина протягивания, *мм*	Припуск под протягивание, *мм* / Степень сквозной деформации, %	Обработка отверстия перед протягиванием	Материал колец протяжки / Количество колец, шт.	Требуемый класс чистоты / Достигаемый класс чистоты	Обработано деталей на 1. 01. 1968 г.	Годовой экономический эффект, руб.
1	Труба рукоятки мотоцикла К-750	Сталь 20	$24{,}0^{+0{,}28}$ / 134,0	0,4 / 1,69	Черная необработанная поверхность	ВК15М / 2	4 / 7	120000	1240,0
	Втулка балансира трактора ДТ-54	Сталь 20	$72^{+0{,}4}_{+0{,}2}$ / 80,0	1,0 / 1,41	Режущее протягивание	ВК15М / 12	5 / 7	1800000	14490,0
2	Втулка балансира трактора ДТ-54	Сталь 20	$72^{+0{,}4}_{+0{,}2}$ / 80,0	7,0 / 11,81	Черная необработанная поверхность	ВК15М / 24	5 / 8	1600000	225197,0
	Труба несущая мотоцикла М-104	Сталь 45	$25{,}4^{+0{,}084}$ / 528	2,0 / 8,55	То же	ВК15М / 11	7 / 8	Опытная партия	3650,0
	Корпус замка мотоцикла К-750	Сталь 35	$20{,}1^{+0{,}1}$ / 59,5	1,1 / 5,80	»	ВК15М / 11	7 / 9	125000	1033,0
	Корпус амортизатора мотоцикла К-750	Сталь 35	$16^{+0{,}2}$ / 188,0	0,7 / 4,56	»	ВК15М / 6	7 / 8	200000	4436,0
	Труба наконечника пера вилки мотоцикла К-750	Сталь 35	$42{,}0^{+0{,}1}$ / 305,0	2,7 / 6,85	»	ВК15М / 7	7 / 9	210000	13787,0

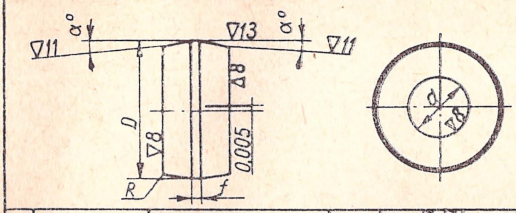
	Втулка коромысла клапана тракторного двигателя АМЗ	Сталь 45	$\frac{29,7^{+0,05}}{32,0}$	$\frac{1,8}{6,43}$	Черная необработанная поверхность	$\frac{ВК15М}{13}$	$\frac{5}{7}$	Опытная партия	7510,0
3	Рабочий цилиндр амортизатора мотоцикла К-750	Сталь 35	$\frac{20,0^{+0,045}}{125,0}$	$\frac{1,0}{5,25}$	То же	$\frac{ВК15М}{11}$	$\frac{8}{9}$	340000	4636,0
	Рабочий цилиндр амортизатора мотоцикла М-104	Сталь 45	$\frac{20,6^{+0,045}}{115,0}$	$\frac{0,8}{4,05}$	»	$\frac{ВК15М}{8}$	$\frac{8}{8}$	200000	10914,0
	Труба скользящая мотоцикла М-104	Сталь 35	$\frac{37,5^{+0,1}}{297,0}$	$\frac{1,8}{5,05}$	»	$\frac{ВК15М}{13}$	$\frac{8}{8}$	Опытная партия	6400,0
	Труба скользящая мотоцикла М-104	Сталь 35	$\frac{37,5^{+0,1}}{297,0}$	$\frac{0,1}{0,27}$	Скоростное зенкерование	$\frac{ВК15М}{4}$	$\frac{8}{9}$	370000	1865,0
	Рабочий цилиндр амортизатора мотоцикла М-104	Сталь 20	$\frac{20,6^{+0,045}}{115,0}$	$\frac{0,2}{0,98}$	То же	$\frac{ВК15М}{4}$	$\frac{8}{9}$	400000	4636,0
4	Рабочий цилиндр амортизатора мотоцикла ИЖ-56	Сталь 45	$\frac{20,0^{+0,045}}{118,0}$	$\frac{0,4}{2,03}$	Скоростное развертывание	$\frac{ВК15М}{5}$	$\frac{8}{9}$	200000	6350,0

Продолжение прилож. 1

Номер группы	Наименование детали	Материал	Диаметр отверстия, *мм* / Длина протягивания, *мм*	Припуск под протягивание, *мм* / Степень сквозной деформации, %	Обработка отверстия перед протягиванием	Материал колец протяжки / Количество колец, шт.	Требуемый класс чистоты / Достигаемый класс чистоты	Обработано деталей на 1.01. 1968 г.	Годовой экономический эффект, руб.
	Труба скользящая мотоцикла ИЖ-56	Сталь 35	$38{,}15^{+0{,}05}$ / 295,0	0,15 / 0,40	Скоростное развертывание	ВК15М / 6	9 / 9	15000	36843,0
	Труба наконечника вилки мотоцикла К-750	Сталь 35	$37{,}0^{+0{,}09}$ / 265,0	0,3 / 0,82	Скоростное зенкерование	ВК6 / 3	7 / 9	40000	14603,0
	Цилиндр телескопического амортизатора автомашины МАЗ-500	Сталь 45	$52{,}0^{+0{,}06}$ / 305,0	1,0 / 1,92	То же	ВК15М / 7	9 / 10	230000	16618,0
	Цилиндр гидроусилителя руля автомашины МАЗ-500	Сталь 45	$52{,}0^{+0{,}08}$ / 403,0	0,6 / 1,17	»	ВК15М / 4	9 / 9	40000	7647,0
	Цилиндр гидроусилителя руля автомашины МАЗ-500А	Сталь 35	$67{,}5^{+0{,}06}$ / 324,0	1,0 / 1,48	»	ВК15М / 11	7 / 8	Опытная партия	Не определен
	Втулка коромысла клапана тракторного двигателя ДТ-54	ОЦС 5-5-5	$22{,}0^{+0{,}05}_{+0{,}02}$ / 28,0	0,20 / —	Черная необработанная поверхность	4 режущих кольца (ВК10М) 8 деформирующих колец (ВК15М)	7 / 8	Опытная партия	4401,0

Приложение 2

Госплан УССР Институт сверхтвердых материалов	Типовой технологический процесс алмазной обработки твердосплавных колец для деформирующих протяжек	



Номер операции	Наименование операций и переходов	Эскиз обработки	Модель станка	Приспособления	Характеристика круга	Режимы обработки: $V_{кр}$, м/сек	$S_{пр}$, м/мин	$S_{пол}$, мм/об	$V_{дет}$, м/мин	t, мм
I	1. Шлифование внутреннего диаметра кольца	∆8	3Б225Б, 312М, 3Б225, 310М, 3110М, 3А110, 3А226	Трехкулачковый самоцентрирующий патрон	АПП-АС06-12-51-16-21 100-150	10-20	0,5-1,0	-	10-20	0,0025-0,005
	2. Шлифование торца кольца	∆8	То же		АУК-АС012-51-100-150	15-20	-	-	10-25	0,01-0,015
II	Шлифование второго торца кольца	∇8	3Г71, 3726, 3Б70, 3Б71М, 9Б732 и др.	Магнитный стол, планки	АПП-АС012-51-100-150	15-25	5-15	0,5-1,0		0,01-0,02
III	1. Шлифование кольца по наружному диаметру	∇8	312М, 310М, 3110М, 3Г12, 3А150 и др.	Оправка, центры, хомутик	АПП250-АС08-51-100-150	10-17	0,5-2,0		20-60	0,0025-0,01
	2. Шлифование заборного конуса кольца под углом α с первого торца	∇9	То же	То же	АПП АС08-51-100-150	10-17	0,5-2,0		20-60	0,0025-0,015
	3. Шлифование заборного конуса под углом α со второго торца	∇9	»	»	АПП-АС08-51-100	10-17	0,5-2,0		20-60	0,0025-0,01
IV	Снятие фаски 0,5×45° с двух сторон		»	Вручную	Надфиль АКПП АС08-51-100					
V	Полирование ленточки и заборных конусов	∇13 ∇11	»	»	Алмазная паста АП-5					

Приложение 3

Инструкция
по изготовлению твердосплавных колец к деформирующим протяжкам

Твердосплавные кольца в процессе деформирующего протягивания испытывают значительные нагрузки, которые при наличии в твердом сплаве трещин, микротрещин, раковин и пр. могут вызвать разрушение твердого сплава. Поэтому к обработке твердосплавных колец предъявляются требования, исключающие возможность появления в твердом сплаве трещин, прижогов, мест с концентрацией больших напряжений и т. д.

1. Шлифовку всех поверхностей кольца необходимо производить только алмазными кругами. **Работать кругами из карбида кремния зеленого категорически запрещается!**

2. Категорически запрещается превышать режимы шлифования, предусмотренные типовым технологическим процессом.

3. При обработке твердосплавных деформирующих колец необходимо пользоваться алмазными кругами зернистостью АС08—АС012 100—150%-ной концентрации **только** на бакелитовой связке.

4. Шлифовку колец необходимо **производить с охлаждением.** Состав охлаждающей жидкости, %: тринатрийфосфат — 0,60; вазелин технический — 0,05; бура — 0,30; кальцинированная сода — 0,25; нитрат натрия — 0,10; вода — 98,70.

5. Полировку колец необходимо производить на оправке, зажатой в токарном трехкулачковом патроне, алмазной пастой АП5 с помощью кожи, войлока или фетра.

6. Тщательное соблюдение положений настоящей инструкции повысит срок службы твердосплавных колец, что приведет к экономии твердого сплава и алмазного инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проскуряков Ю. Г., Упрочняюще-калибрующие методы обработки, М., «Машиностроение», 1965.

Шнейдер Ю. Г., Чистовая обработка металлов давлением, Машгиз, 1963.

3. Упрочнение деталей механическим наклеиванием, М., Изд-во «Наука», 1965.

4. Коновалов Е. Г., Основы новых способов металлообработки, Минск, 1961.

5. Шнейдер Ю. Г., Выбор схемы, метода, конструкции инструмента и режима чистовой обработки давлением, Л., 1965.

6. Иоффе М. М., Обработка деталей инструментом из кристаллов алмаза, «Станки и инструмент», 1966, № 3.

7. Берлинер М. С., Новая технология обработки цилиндров плунжера домкрата, «Технология автомобилестроения», вып. 5, М., 1959.

8. Сборный дорнующий инструмент для бесстружковой обработки отверстий деталей класса втулок, Проспект ВДНХ СССР, Минск, 1965.

9. Монченко В. П., Гиссин В. И., Очистка и подготовка поверхности под дорнование с большими натягами, ЦБТИ Северо-Кавказского совнархоза Технический листок № 375, 1965.

10. Монченко В. П., Попов А. А., Изготовление втулок комбайна СК-4 дорнованием с большими натягами, ЦБТИ Северо-Кавказского совнархоза, Технический листок № 325, 1965.

11. Монченко В. П., Гиссин В. И., Выбор смазок при дорновании с большими натягами, ЦБТИ Северо-Кавказского совнархоза, Технический листок № 363, 1965.

12. Розенберг А. М., Розенберг О. А., Обработка отверстий твердосплавными выглаживающими протяжками, К., Изд-во «Техніка», 1966.

13. Розенберг А. М., Розенберг О. А., Краткая методика расчета и проектирования твердосплавных выглаживающих протяжек ОНТИ, УкрНИИССМИ, К., 1966.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Обработка отверстий твердосплавными деформирующими протяжками	7
Качество отверстий, обработанных твердосплавными деформирующими протяжками	15
Технологические процессы обработки втулок и труб твердосплавными деформирующими протяжками	22
Эксплуатация твердосплавных деформирующих протяжек	24
Выводы	30
Приложения	31
Литература	37

Розенберг Александр Минеевич, Розенберг Олег Александрович, Сирота Дориан Аркадьевич

Твердосплавные протяжки для обработки отверстий методом пластического деформирования

Ответственный за выпуск *Н. В. Богданович*

Редактор *Е. Р. Передрий*

Технический редактор *Е. Н. Соколов*

Корректор *Р. В. Савлук*

БФ 27955. Сдано в набор 27.IV 1968 г. Подписано к печати 11.XI. 1968 г. Формат 60×90 1/16. Печ. л. 2,5, (усл. печ. л. 2,5). Уч.-изд. л. 2,5. Бум. л. 1,25. Бумага типографская № 1. Тираж 5000. Заказ 621. Цена 25 коп. Индекс 7.1—102/13.

Фотопечатная лаборатория УкрНИИНТИ, Киев, 85, Выставка.

25 коп.